



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**Proyecto Monográfico para Optar al Título de
Ingeniero en Electrónica**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES PARA EL
TRIANGULO MINERO EN LA RAAN DE NICARAGUA**

Autores:	Br. Alvaro Javier Rocha Ulloa	Carnet: 2006-24041
	Br. Hazel Karina González Rodríguez	Carnet: 2006-23752

Tutor: **Msc. Ing. Cedrick Dalla-Torre**

Managua, Nicaragua
Diciembre 2018

A nuestros hijos,

Camila Marcela y Álvaro Camilo, fruto de nuestro amor,
ellos han sido ese motor para culminar esta etapa importante en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios, por brindarnos la sabiduría, ser nuestra fortaleza y por regalarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Agradecemos a nuestros padres, guías de esperanza, valores, esfuerzo, ejemplo de superación y apoyo en todos los ámbitos de nuestras vidas.

Nuestros hermanos y hermanas que acompaña nuestras vidas y alegran nuestro vivir.

Agradecemos y ponemos en alto el conocimiento de nuestro tutor Msc. Ing. Cedrick Dalla-Torre, docente destacado y dedicado a labor de la enseñanza, nos forjo el conocimiento profesional de nuestro futuro.

Por último y no menos importante, agradecemos a todos nuestros docentes que nos han acompañado a lo largo de nuestras vidas y en las distintas etapas de nuestra educación, ellos quizás no sabrán que sus excelentes enseñanzas nos permitieron hoy ver nuestro esfuerzo concluir.

Muchas gracias a todos.

INDICE DEL CONTENIDO

CONTENIDO	NÚMERO DE PAGINA
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	3
4. OBJETIVOS	5
5. CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES	6
6. MODELOS DE PROPAGACIÓN	23
7. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	25
8. PROPAGACIÓN DE ONDAS TERRESTRES	29
9. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	31
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
11. BIBLIOGRAFÍA	42

1. RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis para el diseño de un sistema de radiocomunicaciones en Bonanza y Rosita (parte del triángulo minero), no existe conexión entre Siuna-Bonanza, ni tampoco Siuna-Rosita, precisamente por el tipo de orografía, no hay cumplimiento de línea de vista, por lo que no hay libramiento de la primera y segunda zona de Fresnel, por ello únicamente se muestra el diseño del radioenlace Bonanza y Rosita, el cual servirá como propuesta para comunicarse entre estas dos zonas, en caso de situaciones de desastre. Este estudio determinó las características y parámetros de ingeniería que se requerirían para su posible implementación.

Para la realización de los perfiles de transmisión de enlaces punto a punto, se utilizó la herramienta Pathloss 4.0, dicha herramienta tiene módulos en los cuáles se podrá determinar la viabilidad de los radioenlaces entre Bonanza y Rosita. Además, se definió parámetros como frecuencia, altura óptima de antena, tipo de antena y tipo de transmisor.

2. INTRODUCCIÓN

Es muy importante tener un sistema que permita la comunicación ante situaciones de desastre. Por ello, se puede concebir como una necesidad de tener la disponibilidad de sistemas de comunicación que permita comunicarse de una manera eficiente.

En todo sistema de radiocomunicaciones punto a punto, se requiere establecer el aspecto de acceso que tiene como meta ofrecer la mejor disponibilidad en los radioenlaces. El estudio de este proyecto se realizó en tres puntos ubicados en zonas rurales (Bonanza y Rosita). Los radioenlaces en zonas rurales juegan un papel muy importante, ya que es de fácil implementación, siempre y cuando se realice el diseño que demuestre la viabilidad técnica de la propuesta a implementar.

En lo que respecta a la planeación de los radioenlaces punto a punto, se debe de conocer las especificaciones técnicas del equipamiento que se utilizará en caso de una implementación en un futuro. Las especificaciones técnicas que se deben de considerar son: banda de frecuencias, ganancia de las antenas a utilizar, potencia del transmisor, línea de vista, tasa de error, disponibilidad, etc.

3. ANTECEDENTES

En lo que respecta a los antecedentes, se realizó un estado del arte de las tesis que se han desarrollado en la FEC de la UNI, además se coincide también con un protocolo de una propuesta de radioenlace en Jinotepe, los trabajos anteriores son:

En el enero del año 2017 se presentó una tesis [1]. El resumen del alcance del proyecto fue: “Wiwilí- Nueva Segovia es un municipio ubicado a 270 Km del casco urbano de la ciudad de Managua se encuentra a una altitud de 304 metros sobre el nivel del mar, cuenta según el último censo con una población 16,344 habitantes. Es un municipio de bajos recursos el cual su economía es a base de la agricultura y la ganadería, además que en ciertos lugares de este municipio aun no cuentan con el servicio de energía eléctrica ni cobertura celular. Debido a la problemática existente en el municipio, en la presente investigación se ha desarrollado un diseño de radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas con el propósito de llevar esta red de datos a los estudiantes y proporcionar una mejor educación. El Proyecto consiste en crear un radioenlace fiable y de calidad para 5 escuelas en el municipio de Wiwilí, todo el Proyecto iniciara en la alcaldía como punto proveedor de internet hacia las otras escuelas, con un solo repetidor para las escuelas de San Jacinto y Zacateras, las otras 3 poseen línea de vista con la alcaldía que son la Nicarao, Instituto y Cruz Laguna. Todo esto con el fin de ser aplicado como una herramienta para el desarrollo económico y social, de esta manera ayudándoles a capacitarse, crear nuevas alternativas y a la vez fortaleciendo el área de la educación además se pretende llevar esta infraestructura del radioenlace a una posible ampliación de servicios como Voip”. En este proyecto se utilizó para realizar los perfiles de transmisión la herramienta Radio Mobile. En nuestra propuesta se pretende realizar dichos perfiles con la herramienta profesional Pathloss 5.0

El resultado de [2], consistió en un centro de entrenamiento para el diseño e implementación de radioenlaces en la Facultad de Electrotecnia y Computación de la Universidad Nacional de Ingeniería. Este trabajo generó mucho valor, ya que

definió una propuesta metodológica para el diseño de radioenlaces y a futuro la implementación de los mismos. El resultado del alcance fue el siguiente: *El presente trabajo se elaboró para la realización de un estudio que genere documentación necesaria, para llevar a cabo la elaboración de un Centro de Entrenamiento en el cual se haga el diseño de radioenlaces microondas en la FEC, en el cual se incluye una base conceptual basada en el diseño de los mismos. Con la investigación se pretende establecer un punto de partida para implementar en la carrera de Ingeniería Electrónica, el estudio en específico de los radioenlaces de microonda, partiendo de la base teórica disponible, el diseño, prácticas en laboratorio con equipos para implementaciones reales. Además del diseño en Pathloss, se incluye como desarrollar los pasos para una correcta instalación, las configuraciones básicas de algunos equipos de microonda. A su vez para el desarrollo de las prácticas en laboratorio, se presentan los costos que se necesitan para incentivar el financiamiento necesario y desarrollar el proyecto”.*

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

Realizar un diseño de un sistema de radiocomunicaciones como recurso de comunicación en caso de desastres entre los municipios Bonanza y Rosita del triángulo minero de la RAAN en Nicaragua.

4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar una investigación documental respecto a la teoría de radiocomunicaciones como base para el diseño de un sistema de radioenlaces punto a punto en el triángulo minero.
- Determinar el equipamiento que se utilizará para el diseño del sistema de radioenlaces punto a punto en municipios Bonanza y Rosita del triángulo minero de la RAAN en Nicaragua.
- Presentar una simulación del perfil de transmisión con la herramienta Pathloss 4.0 de los municipios Bonanza y Rosita del triángulo minero de la RAAN de Nicaragua.

5. CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES

Las bandas de frecuencia son divisiones del "espectro radioeléctrico" que por convención se han hecho para distribuir los distintos servicios de telecomunicaciones. Cada una de estas gamas de frecuencias poseen características particulares que permiten diferentes posibilidades de transmisión y recepción.

Antes de empezar con las características de cada Banda de Frecuencias; conviene aclarar que se denomina Espectro Radioeléctrico a la porción del Espectro Electromagnético ocupado por las ondas de radio, o sea las que se usan para telecomunicaciones. El Espectro Electromagnético este compuesto por las ondas de radio, las infrarrojas, la luz visible, la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamas: todas estas son formas de energía similares, pero se diferencian en la FRECUENCIA y la LONGITUD de su onda (como se indica en la figura).



Figura 5.1 Longitud de onda

$$\lambda = c/f$$

$$T = 1/f$$

λ = Longitud de Onda en metros: corresponde a la distancia que recorre una onda para completar un ciclo de la vibración. Se expresa por la letra griega Lambda y se mide en metros. f = Frecuencia de la señal en Hertz. /(ciclos por segundo). Es el número de períodos o ciclos que desarrolla la señal en una unidad de tiempo.

Normalmente la unidad de tiempo que se considera es el segundo. Por lo tanto, la frecuencia sería igual al número de ciclos que la vibración desarrolla en un segundo.

Amplitud: Corresponde al desplazamiento máximo en uno u otro sentido de la la señal. Se relaciona con la potencia de la señal la que habitualmente se mide en Dbm ó DbW.

Onda electromagnética: Vibración electromagnética que no requiere de un medio físico cableado para propagarse, lo puede hacer en el vacío, por el aire y no son captadas por el oído.

Ancho de banda: Intervalo de frecuencias entre las cuales está la información.

Energía de la onda: A medida que una onda se propaga por un medio o en el espacio y dependiendo de la distancia recorrida, ésta sufre una atenuación en su energía. El alcance de una onda es la distancia que puede recorrer antes que su energía se extinga.

En el caso de las ondas electromagnéticas, la amplitud de la vibración es proporcional a la potencia del transmisor, por lo que a mayor potencia mayor energía será aplicada y por lo tanto mayor alcance tendrá la onda. Si la onda tiene mayor frecuencia, también tiene una mayor energía y alcance, por esto que, con ondas de muy alta frecuencia, microondas, por ejemplo, se puede obtener una gran energía con mediana potencia del transmisor.

Osciladores:

La definición de oscilar es fluctuar entre dos estados o condiciones, por consiguiente, oscilar es vibrar o cambiar. Un oscilador es un dispositivo capaz de producir vibraciones u oscilaciones, generando en su salida una forma de onda repetitiva. Hay muchas aplicaciones de los osciladores en las comunicaciones

electrónicas, como son las fuentes de portadora de frecuencia intermedia, de alta frecuencia, fuentes piloto, relojes y circuitos de sincronización.

5.1 Diagrama de bloque de un sistema de comunicación [3]

La información codificada fluye a través del medio de transmisión denominado también canal de transmisión.

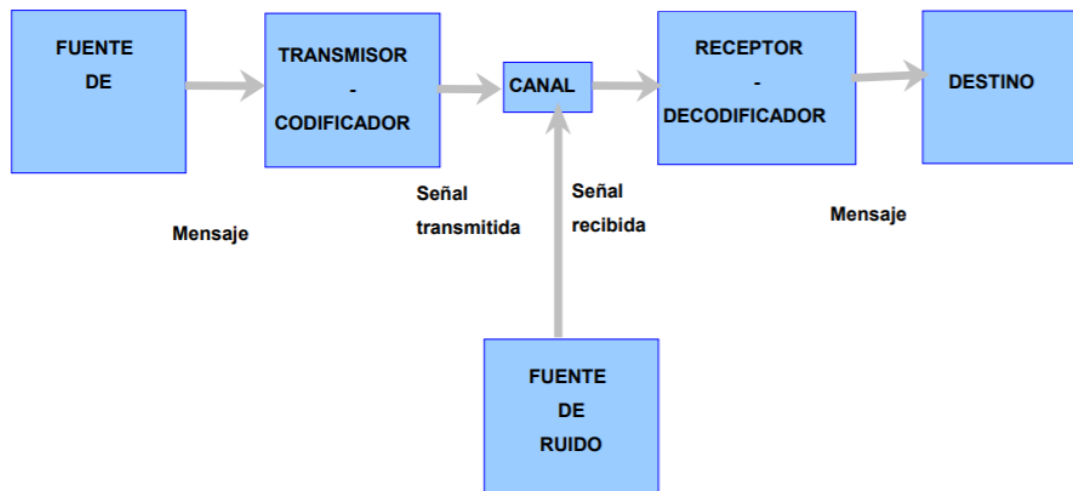


Figura 5.2 Diagrama de bloque de un sistema de comunicación [3]

5.2 Esquema básico del transmisor

La primera es un codificador de la información cuya función es dar un formato adecuado a la información, de manera que permita en la recepción, funciones tales como la detección de errores. El código de la información también debe permitir y facilitar la función de la etapa siguiente. La segunda etapa es la de modulación. En ella se adecúa la información codificada para ser transmitida por el canal de comunicación.

Dependiendo del medio de transmisión y su ancho de banda se emplean distintas técnicas de modulación, tanto analógicas como digitales, las que se revisan más adelante. En la etapa de RF se amplifica la señal que será irradiada por la antena

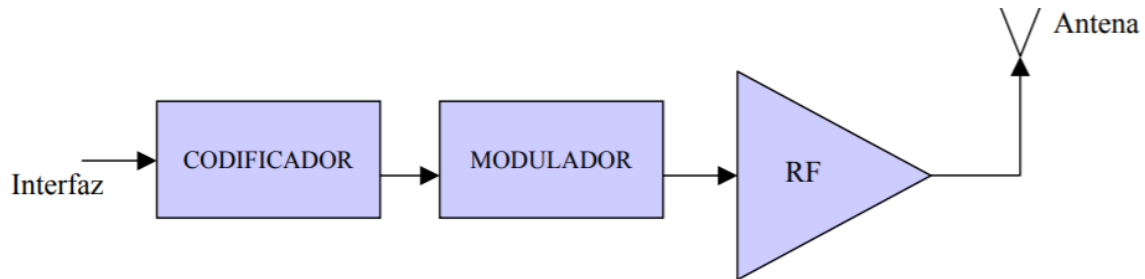


Figura 5.3 Diagrama de bloques de un transmisor [3]

5.3 Esquema básico del receptor

La señal captada por la antena se inyecta a un amplificador de RF para luego ser demodulada en la etapa siguiente. Finalmente, el decodificador recupera el formato original de la información, de manera que permita ser recibida en la interfaz.

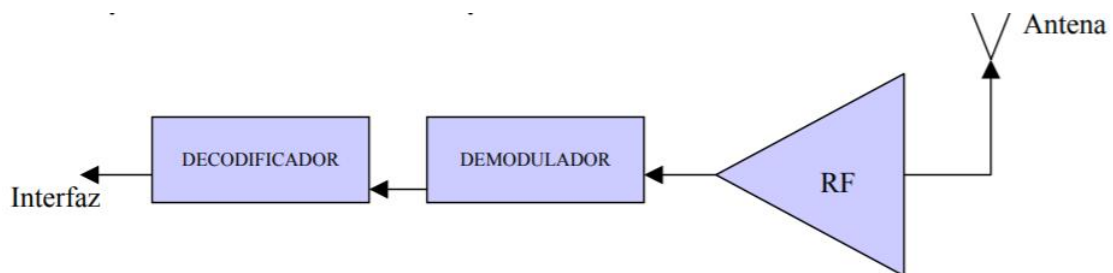


Figura 5.4 Diagrama de bloques de un receptor [3]

5.4 Transceptor de RF

Los modelos vistos previamente para el transmisor y receptor representan una separación de funciones cuya aplicación práctica sólo la podemos encontrar en sistemas del tipo broadcasting ó unidireccionales (SIMPLEX). Sin embargo la mayoría de las aplicaciones, son del tipo bidireccionales (duplex). Esto significa que la información fluye en ambos sentidos, aunque no necesariamente ambos procesos son simultáneos (Full Duplex). La implementación práctica de las funciones de transmisión y recepción en un mismo equipo recibe el nombre de transceptor de comunicaciones el que se muestra en la figura siguiente:

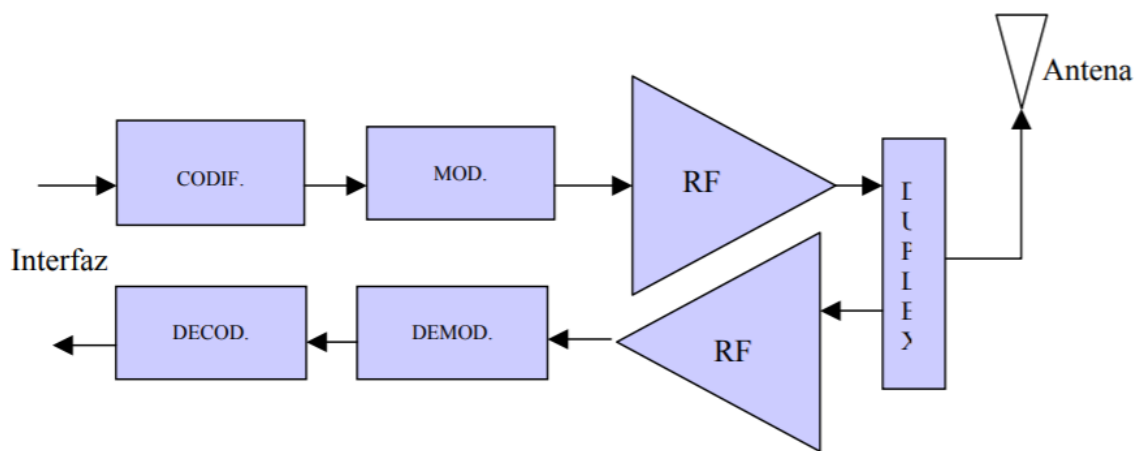


Figura 5.5 Diagrama de bloques de un transceptor

5.5 Ancho de banda y velocidad de información

La información en su forma de señal eléctrica es una onda compleja que contiene múltiples componentes de frecuencia. Los valores de frecuencia de cualquier señal real estarán comprendidos dentro de un rango determinado, acotado por una frecuencia mínima (FL) y una frecuencia máxima (FH). Así entonces el ancho de banda de la señal queda definido por la diferencia entre FH y FL.

$$BW = FH - FL$$

En las ecuaciones de Shanon establece que la capacidad del canal de comunicación está directamente relacionada con el ancho de banda de la señal y con el ruido del canal de comunicación.

5.6 Señal e información

Una Señal es la manifestación física de una onda; mecánica, eléctrica, electromagnética ó luminosa que transporta información, a través de un medio de transmisión o de los nodos de una red, éstas señales pueden ser Señales Analógicas ó Digitales.

En consecuencia, la información es el contenido de la señal, este contenido proviene de una fuente o transductor que transfirió los cambios de la variable de información en una señal variante en el tiempo. Por ello el concepto de información siempre se asocia con cambios.

Una señal que no contiene cambios en sus parámetros fundamentales, amplitud ó frecuencia, no contiene información. Finalmente, la cantidad de información contenida en una señal es proporcional a la incertidumbre en los cambios de la señal, vale decir que, si no hay cambios, ó si estos son cambios periódicos y repetitivos, la incertidumbre no existe y por lo tanto el comportamiento de la señal es predecible y por consiguiente la información transportada es escasa o nula.

5.7 Señal analógica

La voz, desde que sale de un equipo emisor es una Señal Analógica, lo que significa que está definida para todo intervalo de tiempo, tiene una forma que se puede dibujar y no presenta discontinuidades, lo que indica que es continua.

Las señales analógicas se caracterizan por ser una función continua en la variación de su amplitud con respecto al tiempo, para un cierto rango o intervalo. En

consecuencia, estas señales representan a las señales acústicas (voz humana) ó aquellas generadas por un elemento transductor en su forma eléctrica, permitiendo de esta manera su manipulación en un sistema de Transmisión.

5.8 Señal Digital

Una Señal Digital en cambio, es de otra forma, su forma aunque también se puede dibujar, su contorno está compuesto por “pedacitos” de líneas rectas, lo que indica que puede tomar sólo uno de dos estados posibles; el estado lógico “cero” o el estado lógico “uno”.

No obstante, puede transportar, la misma información contenida en una Señal Analógica y en una forma más confiable. Es menos factible que en una Señal Digital se pierda o distorsione información por el “ruido” por ejemplo, que en una Señal Analógica.

5.9 Modulación

Se dice que $z(t)$ es una señal senoidal cuando su representación es del tipo:

$$z(t) = a(t) \text{ sen } (wt).$$

En esta expresión $a(t)$ es la amplitud de la señal; $\text{sen}(wt)$ representa la función trigonométrica del seno; t es el tiempo; y w es la frecuencia de la señal en radianes por seg.

$$W= 2\pi f$$

Modulación es el proceso de adaptar la señal de información a las características del canal de comunicaciones. Este proceso se debe realizar utilizando diferentes técnicas, dependiendo de las características de la señal de información y del medio

de transmisión. El objetivo principal de la modulación es el de transportar con la mejor calidad posible, señales de información a través de canales afectados a desvanecimientos, multitrayectos y limitados en ancho de banda.

Se habla de modulación en amplitud (AM) cuando la información está contenida en las variaciones de amplitud de la portadora y de modulación en frecuencia, (FM) cuando la información está contenida en las variaciones de frecuencia de la onda portadora.

5.10 Modulación por desplazamiento de frecuencia

La modulación por desplazamiento de frecuencia, F.S.K., provee una señal de amplitud constante la que permite el uso de dispositivos saturables, lo cual constituye una de sus ventajas respecto a A.S.K. La modulación F.S.K es usada principalmente en radios digitales de banda angosta, aunque también ha sido utilizada satisfactoriamente en equipos de radio digitales de banda ancha, principalmente aquéllos que se han modificado a partir de radios analógicos que servían de soporte a sistemas múltiplex F.D.M.

Aparte de la ventaja mencionada, cabe apuntar su simplicidad, bajo costo y, como veremos al final del capítulo, un comportamiento más estable que A.S.K. en presencia de desvanecimientos (fading).

Con todo su comportamiento no resulta tan eficiente como P.S.K. aunque a diferencia de ésta, permite detección no coherente. Es oportuno puntualizar que básicamente existen dos métodos de modulación digital de frecuencia. El primero es el que clásicamente se designa F.S.K. donde la señal digital $x(t)$ controla una llave que selecciona la frecuencia modulada de un banco de osciladores (dos en el caso binario). La señal modulada presenta entonces discontinuidades en cada instante de conmutación a menos que a la amplitud, la frecuencia y la fase de cada

oscilador haya sido cuidadosamente ajustada. Evidentemente la dispersión del espectro de la señal modulada dependerá de dichas discontinuidades.

El segundo método de modulación de frecuencia intenta evitar dichas discontinuidades y producir consecuentemente espectros más compactos. Precisamente se denomina C.P.F.S.K. (continuos – phase F.S.K) y se basa en la modulación en frecuencia de un único oscilador por medio de la señal digital $x(t)$.

Consideraremos sólo el caso de F.S.K. tradicional. La expresión de una señal binaria F.S.K. es:

$$X_c(t) = A \cos [2\pi (f_c + x(t) \cdot \Delta f) t]$$

Donde f_c es la frecuencia central (portadora virtual), $x(t)$ es la señal digital de banda base, simétrica NRZ de 2 niveles, y Δf es denominada desviación de frecuencia.

Generalmente $f_c \gg 1/T$ aunque en algunos sistemas, particularmente cuando el vínculo es línea telefónica, son magnitudes del mismo orden. Así por ejemplo resulta común para tasas de señalización de 1200 bits / ser la utilización de modulación FSK. Con portadora virtual de 1700 Hz y desviación de 500 Hz.

En general se puede decir que el ancho de banda de F.S.K. es mayor que el de A.S.K. Los casos presentados pueden resumirse en un ancho de banda dado por:

$$BT = 2\Delta f + 2B$$

Es precisamente en esta posibilidad de lograr un uso eficiente del espectro mediante un filtro de no muy difícil implementación (premodulación) donde reside la mayor competitividad de F.S.K.

El modulador puede ser lineal, de tipo V.C.O. (voltaje-controlled oscillator) es decir un oscilador cuya frecuencia de salida es función de la tensión de entrada.

5.11 Modulación Discreta de Fase

P.S.K , también denominada modulación discreta de fase es una técnica de modulación digital sumamente eficiente, ampliamente utilizada en sistemas tales como enlaces satélites, radioenlaces de banda ancha, etc.

En este tipo de modulación la información se codifica en la fase de una portadora de amplitud constantes. Cuando dicha información esta representada por el valor absoluto de la fase, es decir referida a una portadora sin modular se tiene el sistema P.S.K. convencional; si la información está contenida en las variaciones de fase, es decir referida a la fase del estado anterior tenemos los denominados sistemas diferenciales.

La ecuación que caracteriza la modulación P.S.K. convencional para el caso binario está dada por:

$$X_c(t) = x(t) \cdot \cos 2\pi f_c t$$

Donde $x(t)$ es una señal binaria aleatoria, de período T , NRZ, que toma valores $+1$ o -1 .

Comparando con ASK puede notarse que la única diferencia entre ASK Y PSK es que en la primera la portadora se conmuta "A" y "0" mientras que en la segunda entre $+A$ y $-A$. las señales correspondientes a cada estado son:

$$S_0(t) = A \cos \omega_c t$$

$$S_1(t) = A \cos \omega_c t = A \cos (\omega_c t + \pi)$$

La señal P.S.K. tiene entonces la misma característica de doble banda lateral que la transmisión ASK. con la importante excepción de un impulso en la frecuencia de portadora.

La ausencia de una componente discreta en la portadora significa que P.S.K. posee una mejor eficiencia de potencia que ASK. aunque igual eficiencia espectral. Consecuentemente los requerimientos de ancho de banda de una señal P.S.K. son los mismos que una A.S.K. a pesar que este último proceso de modulación es Como veremos más adelante, al considerar el comportamiento en presencia de ruido, P.S.K. exhibe un mejor desempeño que A.S.K. y que F.S.K.

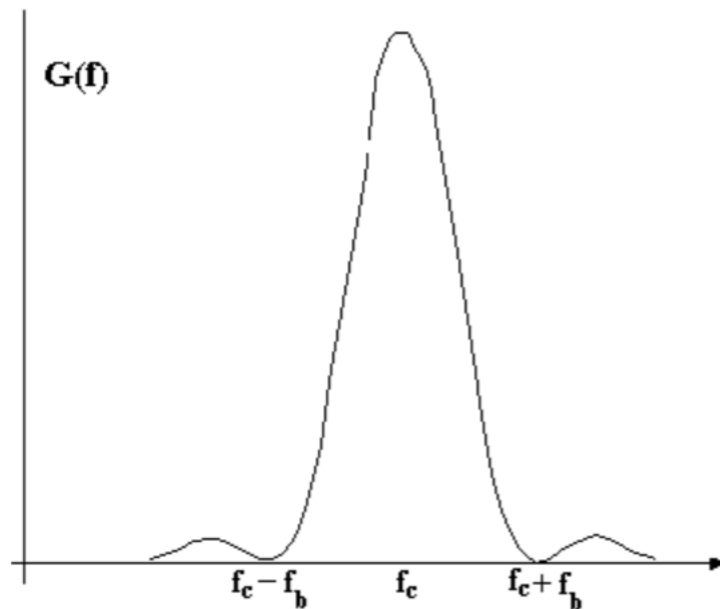


Figura 5.6 Espectro de una señal P.S.K.

5.12 Modulación M-P.S.K.

En el esquema M-PSK la fase de la portadora puede tomar uno de los M valores posibles separados en un ángulo.

$$\Delta\phi=2\pi/M$$

Consideremos primeramente en detalle el caso $M = 4$ conocido como 4-PSK o Q-PSK (donde la Q corresponde a Quaternary). En este caso se combinan los dígitos binarios pudiendo ser 00,01,10,y 11, con lo cual deben existir cuatro ángulos de fase que les correspondan siendo $\Delta\phi = \pi/2$

Debe quedar claro que estos dos pulsos binarios sucesivos se almacenan para luego emitir el símbolo (la forma de onda) correspondiente. Entonces si la tasa de señalización es r bits/seg. Cada pulso binario tendrá una duración $1/r$ pero el símbolo producido por el modulador durará $2/r$.

La modulación 4 PSK puede realizarse mediante diversos métodos. El primero de ellos se basa en la combinación lineal de dos señales en cuadratura lo cual genera los cuatro estados posibles que se reseñan en la tabla siguiente.

Los cuatro estados tienen la misma magnitud, pero distinta fase.

Tabla 5.1 Cuatro estados posibles

Dígitos binarios	Coeficiente Ax	Coeficiente Bx	Portadora modulada
01	0,707	-0,707	$\cos (\omega ct + \pi/4)$
00	-0,707	-0,707	$\cos (\omega ct + 3\pi/4)$
10	-0,707	0,707	$\cos (\omega ct - 3\pi/4)$
11	0,707	0,707	$\cos (\omega ct - \pi/4)$

Un segundo método de generar 4-PSK se basa en la generación de cuatro fases diferentes de una misma portadora para su posterior selección según los datos de entrada. Una posible variante de este método es utilizar una portadora única, la cual se hace pasar por una red de retardo que varía según la información digital de entrada.

Consideramos ahora $M = 8$ denominado 8-PSK. En este caso las 8 fases diferentes están separadas en un ángulo $\Delta \phi = \pi/4$.

Resulta evidente entonces que cada fase representa un grupo de tres dígitos binarios (Tribits). En la tabla siguiente se indica la expresión de la portadora correspondiente a las ocho posibles combinaciones de tres dígitos. Se indica también el valor de las componentes en cuadratura.

En la siguiente tabla se muestra la constelación correspondiente a 8-PSK. Obsérvese que los tribits correspondientes a cada fase siguen el código de Gray a efecto de minimizar la severidad de los posibles errores.

Dígitos binario	a_x	b_x	Portadora Modulada
011	0,924	-0,383	$\cos(\omega t + \pi/8)$
010	0,383	-0,924	$\cos(\omega t + 3\pi/8)$
000	-0,383	-0,924	$\cos(\omega t + 5\pi/8)$
001	-0,924	-0,383	$\cos(\omega t + 7\pi/8)$
101	-0,924	0,383	$\cos(\omega t - 7\pi/8)$
100	-0,383	0,924	$\cos(\omega t - 5\pi/8)$
110	0,383	0,924	$\cos(\omega t - 3\pi/8)$
111	0,924	0,383	$\cos(\omega t - \pi/8)$

Tabla 5.2 8-PSK- Componentes en cuadratura

5.13 Q.A.M

Hasta ahora en los esquemas PSK todos los puntos de la constelación se encontraban sobre una circunferencia lo cual implicaba constancia en amplitud. Y si bien habíamos visto la conveniencia de suponer dos canales en cuadratura los niveles de las señales modulantes (banda base) en cada canal no eran

independientes pues la composición de ambos debía resultar en una señal de amplitud constante.

Si ahora abandonamos esta condición y permitimos que las señales de banda base en los dos canales en cuadratura sean totalmente independientes estamos en presencia de un esquema denominado QAM (Quadratura Amplitude Modulation) o también denominado APK (Amplitud Phase Keying).

Dicho esquema consiste entonces en la modulación multinivel de amplitud de dos portadoras en cuadratura en forma independiente. En consecuencia, los dos canales en cuadratura son completamente independientes inclusive la codificación de banda base.

En la siguiente figura se presenta el esquema donde cada canal en cuadratura puede tomar cuatro niveles distintos lo cual resulta en el denominado 16QAM.

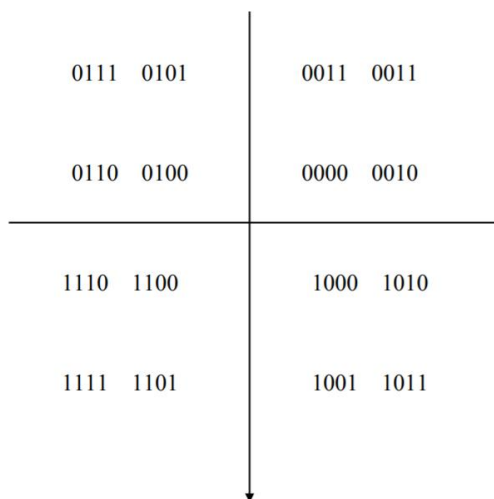


Figura 5.7 Esquema 16 QAM

Obsérvese que a diferencia de 16 PSK la envuelta de la portadora modulada ya no será constante, lo cual inhibe, en principio, el uso de dispositivos saturables.

Por otro lado, la distancia entre puntos en un esquema QAM es siempre mayor que un esquema PSK equivalente. Como estas señales presentan estructuras similares a los P.S.K. los espectros de Q.A.M. son similares a los P.S.K de igual orden. Concretamente el espectro de una señal 16 Q.A.M. es similar a un 16 P.S.K etc.

5.14 Tasa de transmisión

Equivale al número de símbolos digitales que se transmiten por un canal de comunicación por unidad de tiempo. Los símbolos digitales generados a partir de la información pueden estar constituidos por uno o más bits, así entonces, la tasa de transmisión o tasa de símbolos se distingue de la velocidad de línea, dependiendo de la cantidad de bits por símbolo.

Codificación digital

Los canales de telecomunicaciones soportan una diversidad de servicios de información. El canal de telecomunicaciones especifica su capacidad en [bits/seg] ó en [Kbps.]

Muchas tecnologías de acceso se han desarrollado a partir del concepto de codificar la información en un número finito de símbolos.

Esto tiene la ventaja que si se transmiten los símbolos se requiere una velocidad ó tasa menor con lo cual se consigue un mejor aprovechamiento del ancho de banda disponible en el medio de transmisión.

Es importante consignar que los símbolos deben tener características eléctricas de amplitud, duración y frecuencia tal que su transmisión y recepción se vea afectada al mínimo por el fenómeno del ruido presente en el medio de transmisión.

5.15 Tasa de error (BER)

La confiabilidad de la información se relaciona directamente con la calidad de servicio que ofrecen los canales de comunicación digital. Las 2 principales características que debe ofrecer el canal de comunicación son la disponibilidad y la confiabilidad.

La disponibilidad debe asegurar la vía de comunicación en forma permanente y garantizar que el canal de comunicación estará disponible toda vez que se requiera. Para ello se recomienda la utilización de medios de respaldo. (Energía, equipos, medios de transmisión).

La confiabilidad se relaciona con la calidad de la información recibida en términos de cantidad de bits errados.

Se define la tasa de error como la relación entre los bits errados y los bits recibidos.

TASA DE ERROR = BITS ERRADOS/ BITS RECIBIDOS.

5.16 Sistemas de microondas

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz [4].

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción.

Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

¿Qué son las microondas?

Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja. Se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

MICROONDAS TERRESTRES (RADIO RELAY SYSTEM).

Un radioenlace terrestre o microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line – of - Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. Las principales

aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes: • Telefonía básica (canales telefónicos) • Datos • Telégrafo / Telex / Facsímile • Canales de Televisión. • Vídeo • Telefonía Celular (Troncales) • Entre otros

6. MODELOS DE PROPAGACIÓN

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado. Generalmente los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos o estadísticos, teóricos o determinísticos o una combinación de estos dos (semi-empíricos). Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio.

Los modelos de propagación predicen la pérdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor sea móvil o fijo. La ventaja de modelar radio canales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor (Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos (especificaciones técnicas). El desempeño de los modelos de propagación se mide por la veracidad de los resultados en comparación con medidas de campo reales.

La aplicabilidad de un modelo depende de las especificaciones que este mismo requiera tal como son: el tipo de terreno (montañoso, ondulado o cuasi liso), las características del ambiente de propagación (área urbana, suburbana, abierta), características de la atmósfera (índice de refracción, intensidad de las lluvias), propiedades eléctricas del suelo (conductividad terrestre), tipo del material de las construcciones urbanas etc. Para una topografía muy irregular y accidentada como la andina y específicamente la del eje cafetero, los modelos con mejor desempeño

son los que estiman perdidas por difracción utilizando el modelo clásico de filo de cuchillo y sus distintas variaciones para la extensión a múltiples filos de cuchillo [5].

Los modelos de propagación predicen las pérdidas en decibels de la potencia en un ambiente muy singular. Algunos de los modelos no se utilizan en la práctica y sólo se presentan como una base teórica para introducir otros modelos más complejos.

Los modelos a menudo se basan en modelos probabilísticos. Estos modelos probabilísticos pueden entonces calcular con una probabilidad de que la señal llegue o no llegue.

Algunos de estos modelos se basan en mediciones realizadas en el lugar de interés. Se toman miles de mediciones que se promedian y se pueden establecer los modelos de propagación en estos medios. De esta forma cada modelo sirve para cada entorno.

Algunos de estos modelos pueden servir de base para otros modelos, es por eso que no se pueden separar la teoría matemática de la información estadística que se puede adquirir del medio de interés.

7. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Son aquellas ondas que no necesitan un medio material para propagarse. Incluyen, entre otras, la luz visible y las ondas de radio, televisión y telefonía.

Todas se propagan en el vacío a una velocidad constante, muy alta (300 000 km/s) pero no infinita. Gracias a ello podemos observar la luz emitida por una estrella lejana hace tanto tiempo que quizás esa estrella haya desaparecido ya. O enterarnos de un suceso que ocurre a miles de kilómetros prácticamente en el instante de producirse.

Las ondas electromagnéticas se propagan mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos. Los campos electromagnéticos al "excitar" los electrones de nuestra retina, nos comunican con el exterior y permiten que nuestro cerebro "construya" el escenario del mundo en que estamos.

Las O.E.M. son también soporte de las telecomunicaciones y el funcionamiento complejo del mundo actual.

El campo E originado por la carga acelerada depende de la distancia a la carga, la aceleración de la carga y del seno del ángulo que forma la dirección de aceleración de la carga y a la dirección al punto en que medimos el campo.

Un campo eléctrico variable engendra un campo magnético variable y este a su vez uno eléctrico, de esta forma las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío sin soporte material.

Características de la radiación electromagnética:

- Los campos producidos por las cargas en movimiento pueden abandonar las fuentes y viajar a través del espacio (en el vacío) creándose y recreándose mutuamente. Lo explica la tercera y cuarta ley de Maxwell.
- Las radiaciones electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de la luz "c". Y justo el valor de la velocidad de la luz se deduce de las ecuaciones de Maxwell, se halla a partir de dos constantes del medio en que se propaga para las ondas eléctricas y magnética.

- Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre sí (y perpendiculares a la dirección de propagación) y están en fase: alcanzan sus valores máximos y mínimos al mismo tiempo y su relación en todo momento está dada por $E=c \cdot B$
- El campo eléctrico procedente de un dipolo está contenido en el plano formado por el eje del dipolo y la dirección de propagación. El enunciado anterior también se cumple si sustituimos el eje del dipolo por la dirección de movimiento de una carga acelerada,
- Las ondas electromagnéticas son todas semejantes (independientemente de cómo se formen) y sólo se diferencian en su longitud de onda y frecuencia. La luz es una onda electromagnética.
- Las ondas electromagnéticas transmiten energía incluso en el vacío. Lo que vibra a su paso son los campos eléctricos y magnéticos que crean a propagarse. La vibración puede ser captada y esa energía absorberse.
- La intensidad instantánea que posee una onda electromagnética, es decir, la energía que por unidad de tiempo atraviesa la unidad de superficie, colocada perpendicularmente a la dirección de propagación es: $I=c \cdot \epsilon_0 E^2$. La intensidad media que se propaga es justo la mitad de la expresión anterior.
- La intensidad de la onda electromagnética al expandirse en el espacio disminuye con el cuadrado de la distancia y como "I" es proporcional a E^2 y

por tanto a $\sin^2\theta$. Por lo tanto, existen direcciones preferenciales de propagación

Cada cambio del campo eléctrico engendra en su proximidad un campo magnético, y recíprocamente cada variación del campo magnético origina uno eléctrico. Los dos campos, eléctrico y magnético, periódicamente variables, están constantemente perpendiculares entre sí y a la dirección común de su propagación. [6]

7.1 Reflexión

Es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.

En una reflexión total o reflexión especular el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Las ondas de radio de igual forma que las ondas de luz visible son reflejadas al momento que entran en contacto con materiales que produzcan dicha reflexión, como son las superficies metálicas y de agua; la onda viaja y al chocar con una superficie se produce dicha reflexión dependiendo del ángulo con el cual la onda incide en la superficie se tendrá el ángulo con el cual la onda es desviada.

Una de sus desventajas es cuando la reflexión no está limitada a una sola superficie, a este fenómeno se le denomina efecto multitrayectoria (multipath), es decir, si la onda emitida por el transmisor se refleja sobre diferentes superficies, el receptor recibe señales a través de diferentes trayectorias y en tiempos distintos, como aplicación práctica se puede utilizar la reflexión como una ventaja en la construcción

de antenas, colocando grandes parábolas detrás del transmisor o receptor para recoger las ondas de radio y concentrarlas en un punto. [6]

7.2 Refracción

Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro de diferente densidad se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales.

La velocidad a la cual una onda electromagnética viaja es inversamente proporcional a la densidad del medio en cual se propaga, por tanto si una onda se encuentra viajando y pasa de un medio a otro menos denso la velocidad de la misma aumenta y viceversa, una onda viajando de un medio con cierta densidad que pasa a otro con una densidad mayor tendrá una disminución en su velocidad de propagación. [6]

7.3 Difracción y Principio de Huygens

El fenómeno de difracción consiste en la característica de las ondas que al incidir sobre la superficie de un objeto pareciera que la onda se doblara. El principio de Huygens nos ayuda a comprender este particular comportamiento de las ondas; supongamos que, en un instante determinado, cada punto del frente de onda se considera como el punto de inicio de otra onda esférica, si la onda incide sobre una superficie y la atraviesa por alguna imperfección de la misma, es pues por medio de la difracción que las ondas se doblarán en sus esquinas y atravesarán la barrera, este efecto no es visible para el ojo humano. [6]

7.4 Absorción

La atmósfera tiene varias capas y en las más bajas se produce el fenómeno conocido como absorción, el cual produce pérdidas en la energía de la onda que se encuentra propagándose, aunque las pérdidas producidas por este fenómeno son pequeñas y por lo tanto suelen ignorarse, a menos que el enlace funcione a frecuencias mayores a 10 GHz, se tomarán varios factores en cuenta. [6]

8. PROPAGACIÓN DE ONDAS TERRESTRES

Hay dos principales formas de viaje de ondas de radio desde el transmisor al receptor, una de ellas es por onda terrestre, la otra es por la onda espacial.

La propagación de la onda por la tierra se ve afectada por las características eléctricas de la tierra y por las condiciones meteorológicas. La intensidad de la onda en el receptor depende de la energía de salida del transmisor, la frecuencia, forma de la tierra y la conductividad a lo largo de la vía de transmisión, y las condiciones climáticas locales. [6]

La onda terrestre incluye tres componentes:

- a. La onda directa.
- b. La onda reflejada.
- c. La onda de superficie.

8.1 Onda Directa

La onda directa viaja directamente de la antenna transmisora a la antenna receptora. La onda directa se limita a la línea de visión directa (LOS) entre la antenna transmisora y la receptora, más la corta distancia añadida por la refracción

atmosférica y difracción de la onda en torno a la curvatura de la tierra. Esta distancia se puede ampliar mediante el aumento de la altura de la antena del emisor al receptor, o ambas cosas. [6]

8.2 Onda Reflejada

La onda de tierra alcanza la antena receptora después de ser reflejada por la superficie de la tierra.

La cancelación de la señal de radio se produce cuando la componente reflejada y la onda directa llegan a la antena de recepción al mismo tiempo y están 180° fuera de fase entre sí. [6]

8.3 Onda de Superficie

La onda de superficie sigue la superficie de la tierra y se ve afectado por la conductividad de la tierra y su constante dieléctrica. [6]

9. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

El triángulo minero está conformado por Siuna, Bonanza y Rosita. Sin embargo, para Siuna no es posible la realización de un enlace PTP con respecto a Bonanza ni a Rosita, ya que no hay línea de vista. Por ello se realizará el diseño de 1 radioenlace full dúplex entre Bonanza y Rosita. Para el diseño se utilizó la herramienta Pathloss 4.0.

9.1 Diseño del radioenlace Bonanza y Rosita

En las figuras 9.1 y 9.2 se muestran las vistas aéreas de Bonanza y Rosita respectivamente.

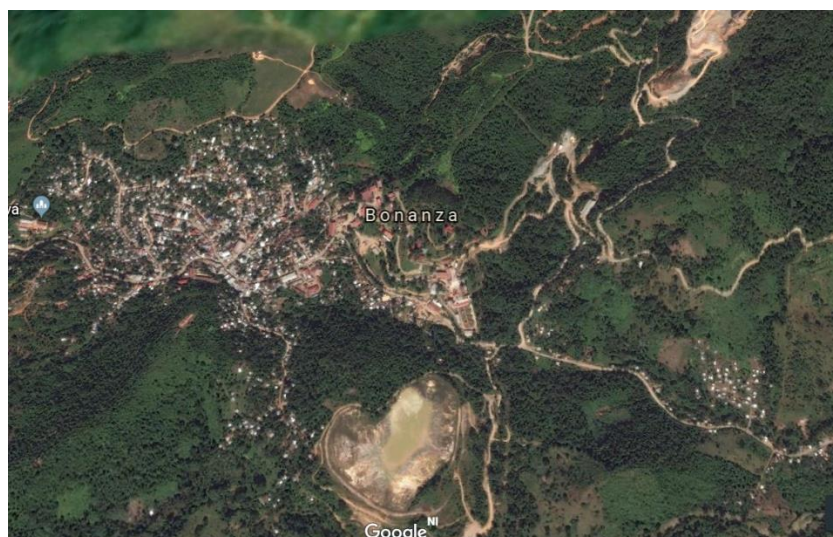


Figura 9.1 Vista aérea en Google Earth de Bonanza

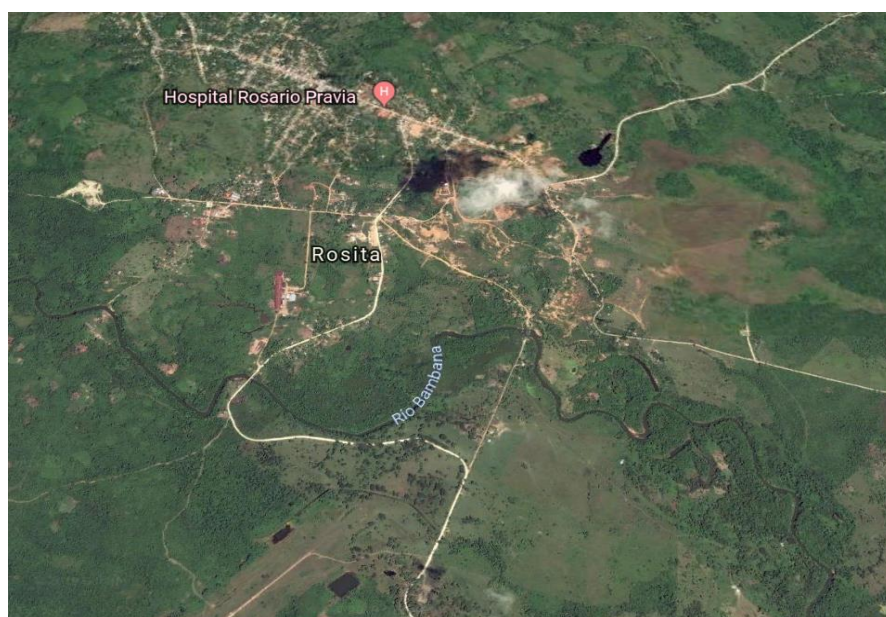


Figura 9.2 Vista aérea en Google Earth de Rosita

En la tabla 9.1 se muestran las coordenadas donde estarán ubicadas las torres que tendrán los puntos de transmisión de microondas para Bonanza y Rosita.

Tabla 9.1 Coordenadas de los sitios

NOMBRE DEL SITIO	LATITUDE	LONGITUDE
Bonanza	14 02 30 N	84 34 41 W
Rosita	13 56 41 N	84 26 09 W

Las coordenadas fueron tomadas con una aplicación de teléfono en sistema operativo Android. Ahora se cargarán las coordenadas en la herramienta Pathloss 4.0 para determinar la viabilidad de los enlaces de microondas que conformarán la propuesta de diseño.

Para ello se tendrá que configurar el Terrain Database, a como se muestra en la Figura 9.3.

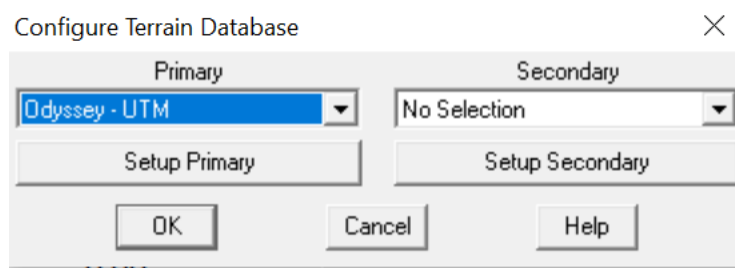


Figura 9.3. Configuración del Terrain Database

Después, se tendrá que el Map File Directory.

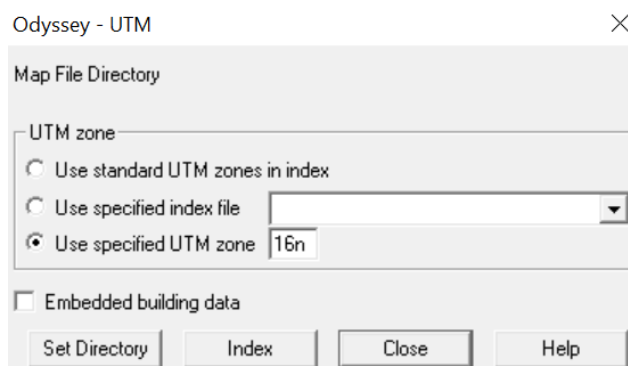


Figura 9.4 Map File Directory

La zona para Nicaragua es la 16N, por ello en Use specified UTM zone, se configura con ese valor.

Se deberá cargar el mapa de Nicaragua, es necesario definir los campos a como se muestra a continuación.

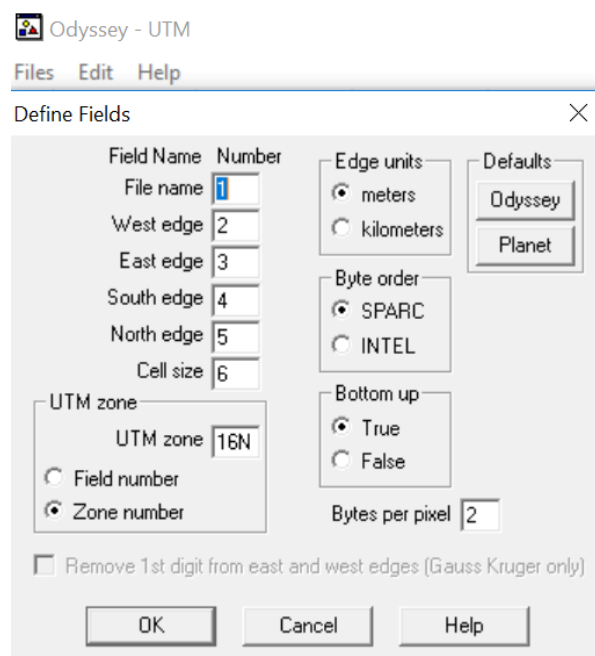


Figura 9.5 Definiendo los campos

Además, se deberá cargar la carpeta donde se encuentra el archivo con la cartografía del proyecto. A continuación, se muestra en la siguiente figura.

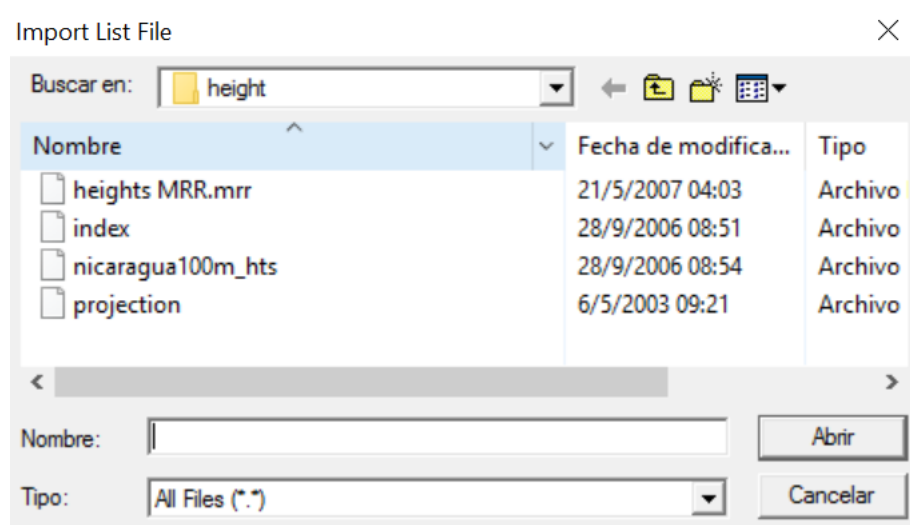


Figura 9.6 Archivo que contiene la cartografía del proyecto

Las características del mapa que se utilizará para el proyecto tiene las siguientes características.

Odyssey - UTM

Files Edit Help

	Map Name	Bytes /pixel	Bottom up	Byte order	Cell size (m)	West edge (km)	South edge (km)	East edge (km)	North edge (km)	UTM zone
1	nicaragua10	2	True	SPARC	100.0	405.0000	1179.0000	993.0000	1670.0000	16N
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Figura 9.7 Características del mapa

Posteriormente agregamos las coordenadas en la herramienta Pathloss 4.0. a como se muestra en la Figura 9.8 y 9.9.

Add Item

OK Cancel

Site Name	Bonanza
Sector number	
Call Sign	
Latitude	14 02 20.00 N
Longitude	084 34 41.00 W
Elevation (m)	
Structure Height (m AMSL)	
Easting (km)	761.573
Northing (km)	1553.369
UTM zone	16N

Figura 9.8 Coordenadas de la propuesta del sitio en Bonanza

Add Item

OK Cancel

Site Name	Rosita
Sector number	
Call Sign	
Latitude	13 56 41.00 N
Longitude	084 26 09.00 W
Elevation (m)	
Structure Height (m AMSL)	
Easting (km)	777.055
Northing (km)	1543.107
UTM zone	16N

Figura 9.9 Coordenadas de la propuesta del sitio en Rosita

Una vez cargadas las coordenadas de ambos sitios, se muestran en la cartografía de la herramienta, a como se puede ver en la siguiente figura.

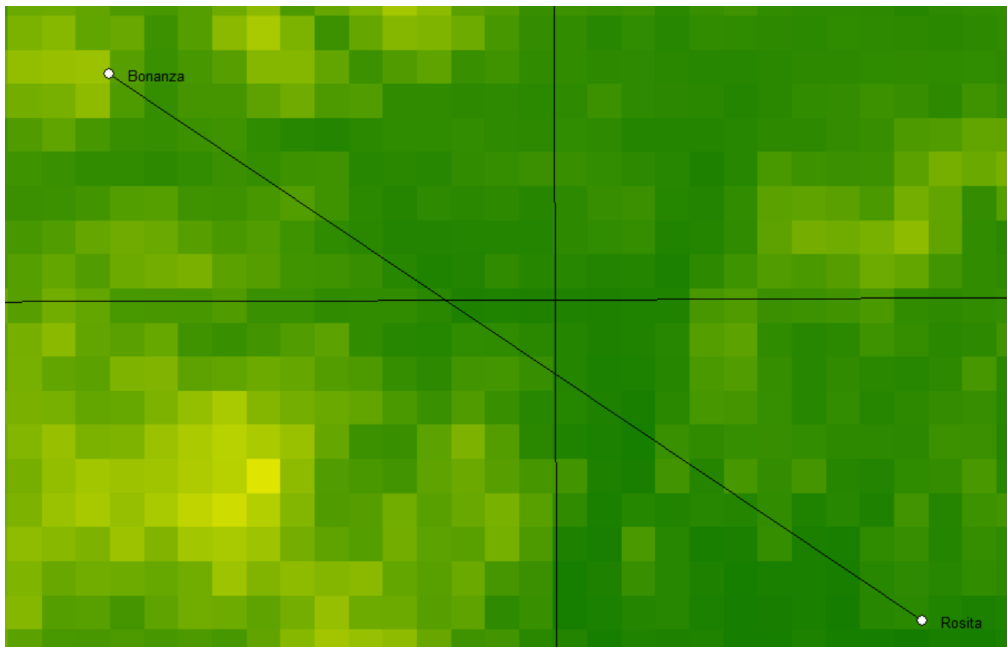


Figura 9.10 Ambas propuestas de sitios

Se hace un link entre ambos puntos con el click izquierdo del mouse. Posteriormente se genera el perfil de terreno teniendo el siguiente resultado.

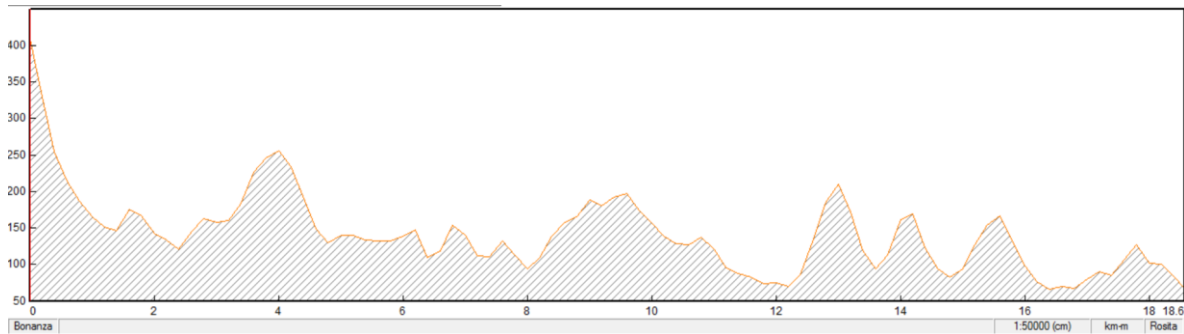


Figura 9.11 Perfil de terreno Bonanza-Rosita

Ahora, se deberá de determinar la frecuencia, se decidió una frecuencia de 7.2Ghz debido a que es libre, y de esa manera no se incurren en gastos adicionales para la propuesta del proyecto.

Se procederá a seleccionar la frecuencia en la herramienta de simulación, a como se muestra en la siguiente figura.

Path Profile Data

OK Cancel Geo Clim Help

Frequency (MHz)	7200.00
Path length (km)	18.56
Field margin (dB)	
Diffraction loss (dB)	
Geoclimatic factor	2.80E-06
Path inclination (mr)	18.35
Fade occurrence factor (Po)	
Dispersive fade occurrence factor	1.00
Frequency (MHz) :	

Figura 9.12 Selección de Frecuencia

Ahora, se procederá a la selección del equipo, se empezará con el tipo de radio. Para una red de desastre es suficiente con 2E1, el tipo de modulación para este proyecto será QPSK, como se puede ver en siguiente figura.

Code	Manuf.	Model	Cap	Mod	F Lo	F Hi
ML7h2x2	Ericsson	Minilink 7E 2x2 HP	2E1	QPSK	7100	7700
ML7h2x8	Ericsson	Minilink 7E 8x2 HP	8E1	QPSK	7100	7700
ML7h34+2	Ericsson	Minilink 7E 17x2 HP	17E1	QPSK	7100	7700
ML7h4x2	Ericsson	Minilink 7E 4x2 HP	4E1	QPSK	7100	7700
ML7s2x2	Ericsson	Minilink 7E 2x2 St	2E1	QPSK	7100	7700
ML7s2x8	Ericsson	Minilink 7E 8x2 St	8E1	QPSK	7100	7700
ML7s34+2	Ericsson	Minilink 7E 17x2 St	17E1	QPSK	7100	7700
ML7s4x2	Ericsson	Minilink 7E 4x2 St	4E1	QPSK	7100	7700

☒ Use 10-3 parameters
 ☐ Use 10-6 parameters
 ☐ Use BERses parameters

New Index View Site 1 Site 2 Both Close

Figura 9.13 Selección del equipo de radio

Ambos sitios tendrán el mismo equipo, las características se muestran a continuación:

Radio Equipment

OK Cancel Lookup Code Index View BER Help

	Bonanza	Rosita
Radio model	Minilink 7E 2x2 HP	Minilink 7E 2x2 HP
Traffic code	2E1-QPSK	2E1-QPSK
Emission designator		
Code	ML7H2X2	ML7H2X2
TX power (watts)	0.63	0.63
TX power (dBm)	28.00	28.00
RX threshold criteria	BER 10-3	BER 10-3
RX threshold level (dBm)	-90.00	-90.00
Maximum receive signal (dBm)		
RX Threshold BER 10-6 (dBm)	-86.00	-86.00
T to I Cochannel (dB)	22.00	22.00
Dispersive fade margin (dB)	72.00	72.00
Bonanza Radio model :		

Figura 9.14 Características del equipo de radio para ambos sitios

Ahora se procederá a la selección del tipo de Antena para ambos sitios.

Antenna Code Index ✕

Code	Manuf.	Model	SY	Gain	BW	D(m)	F Lo	F Hi
ML706hp	Ericsson	ML7-0.6HP		30.6	4.7	0.6	7000	7800
ML712hp	Ericsson	ML7-1.2HP		36.6	2.4	1.2	7000	7800
ML712st	Ericsson	ML7-1.2St		37.5	2.4	1.2	7000	7800
ML712str	Ericsson	ML7-1.2St+R		36.5	2.4	1.2	7000	7800
ML718hp	Ericsson	ML7-1.8HP		40.6	1.6	1.8	7000	7800
ML718st	Ericsson	ML7-1.8St		41.3	1.6	1.8	7000	7800
ML718str	Ericsson	ML7-1.8St+R		40.5	1.6	1.8	7000	7800
ML724hp	Ericsson	ML7-2.4HP		43.0	1.2	2.4	7000	7800
ML724st	Ericsson	ML7-2.4St		43.0	1.2	2.4	7000	7800
ML724str	Ericsson	ML7-2.4St+R		42.0	1.2	2.4	7000	7800

Figura 9.15 Selección del tipo de antena para ambos sitios

Posteriormente se puede ver las características de la antena que se seleccionó para ambos sitios.

Antennas TR - TR

OK Cancel Lookup Code Index View Help

	Bonanza	Rosita
Antenna model	ML7-0.6HP	ML7-0.6HP
Antenna diameter (m)	0.60	0.60
Antenna height (m)	5.00	5.00
Antenna gain (dBi)	30.60	30.60
Radome loss (dB)		
Code	ML706HP	ML706HP
Antenna 3 dB beamwidth (°)	4.70	4.70
True azimuth (°)	124.12	304.16
Vertical angle (°)	-1.11	0.99
Antenna Azimuth (°)		
Antenna Downtilt (±°)		
Orientation Loss (dB)		

Bonanza Antenna model : |

Figura 9.16 Característica del tipo de antena para ambos sitios

Es importante definir la altura óptima donde estará la antena. A continuación, se muestra los valores que deberán tener de altura ambos sitios.

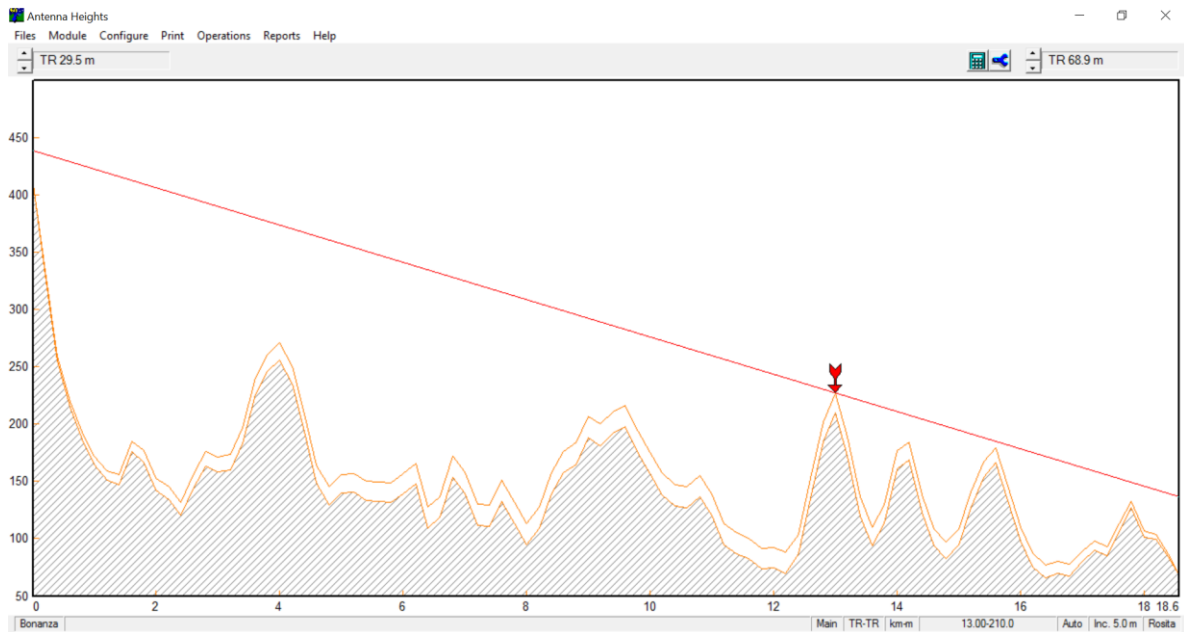


Figura 9.17 Altura de antena óptima para ambos sitios

A continuación, se muestra un resumen con los valores obtenidos para el diseño.

Site Name	Bonanza	Rosita	Operator code	PTML
Call Sign			Radio model	Minilink 7E 2x2 HP
Station Code			Code	ML7H2X2
State			Emission designator	2E1-QPSK
Owner Code			Traffic code	2E1-QPSK
Latitude	14 02 20.00 N	13 56 41.00 N	TX power (dBm)	28.00
Longitude	084 34 41.00 W	084 26 09.00 W	Frequency (MHz)	7200.00
True azimuth (°)	124.12	304.16	Polarization	Vertical
Calculated Distance (km)	18.56		Free space loss (dB)	134.99
Profile Distance (km)	18.56		EIRP (dBm)	58.60
Datum	WGS 1972		RX signal (dBm)	-45.97
Elevation (m)	408.54	67.81	Radio configuration	
Tower Height (m)				
TR Antenna Height (m)	29.49	68.90		
Code	ML706HP	ML706HP		

Figura 9.18 Resumen de los valores de la propuesta de diseño del radioenlace

Posteriormente, tenemos el perfil de transmisión que muestra los valores para ambos sitios.

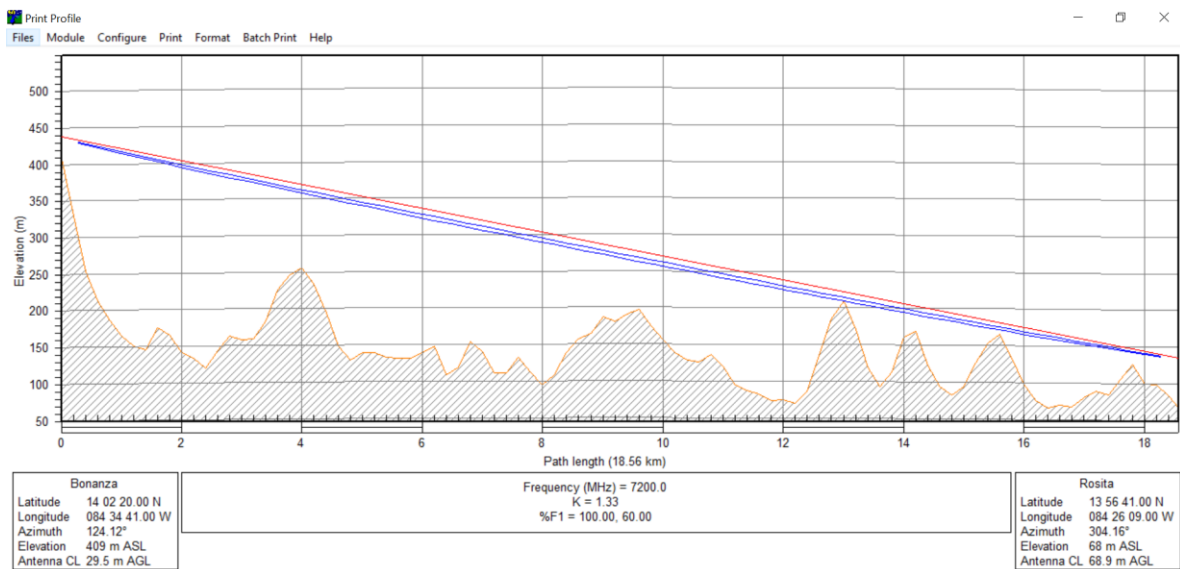


Figura 9.19 Perfil de Transmisión

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para que haya un progreso significativo en las diferentes regiones rurales del país, deberá de haber desarrollo en el sector de las telecomunicaciones. Es una necesidad de primer orden el comunicarse, por ello es de suma importancia desarrollar proyectos de ingeniería que contribuyan con este propósito.

En el presente documento se realizó un diseño de un sistema de radiocomunicaciones en 2 municipios (Bonanza y Rosita) que conforman el triángulo minero de la RAAN de Nicaragua, con el objetivo de proponer un sistema que sirva como opción en casos de desastres.

Se cumplieron con los objetivos establecidos en el proyecto monográfico, presentando la viabilidad técnica en el diseño de un radioenlace entre los municipios de Bonanza y Rosita.

Es necesario hacer un análisis de un repetidor, ya sea pasivo o activo para poder interconectar los municipios anteriormente mencionados con el municipio de Siuna, ya que, según el estudio propuesto, no es posible generar conectantes tanto en Siuna-Bonanza, como tampoco en Siuna-Rosita, dado que no hay línea de vista electromagnética.

Por tanto, se recomienda en otro tema de investigación, que se propagan candidatos para establecer conectividad entre los 3 municipios (Siuna, Bonanza y Rosita).

11. BIBLIOGRAFÍA

[1] Juárez Bayardo. Vivas José Antonio. “*Diseño de radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas del Municipio Wiwilí-Nueva Segovia*”. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. Enero, 2017.

[2] Olivas Aldert. “*Centro de entrenamiento para el diseño de radioenlaces, microondas en la FEC*”. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. Agosto, 2013.

[3] Sistemas de Microondas Digital. ANDESCAP Ltda. Disponible en:
http://www.spw.cl/05mar07_mobile/Material_moviles/comunicacionesdeRF6.pdf

[4] Radio Enlaces Microondas. Disponible en:
http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf

[5] García J.C, Rodríguez O.A, Castillo J.L. “Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas Parte 1: Modelos para áreas urbanas”. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Colombia.

[6] López Dávila Luz, Herrera Castillo Elías. “Diseño de estaciones repetidoras para el Sistema Móvil Aeronáutico (R) VHF en bajas altitudes para la Ruta Aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas”. Facultad de Electrotecnia y Computación. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. 2018.